

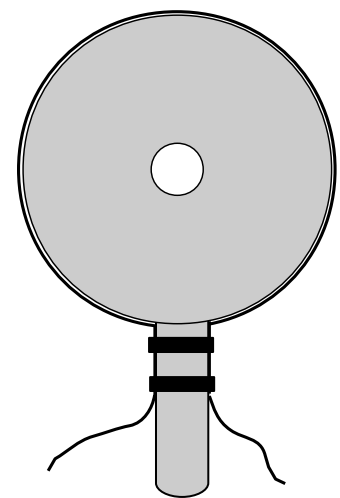
3. Das Magnetfeld eines Drahringes (Gesetz von Biot-Savart)

In Experimenten werden oft Luftspulen verwendet. Der Drahring ist die einfachste Form einer Luftspule mit nur einer Windung. Für die von diesem Drahring erzeugte Flussdichte gilt das Gesetz von Biot-Savart. Die Gleichung für die axiale (x -Richtung) Flussdichte eines Drahringes mit dem Radius R lautet

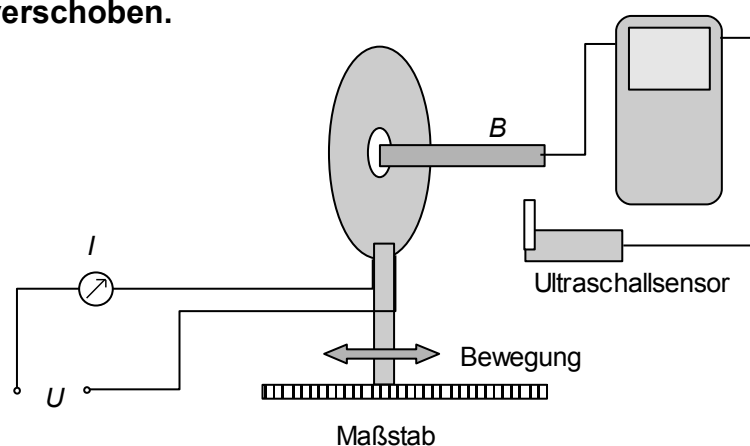
$$B = \frac{I}{2 \varepsilon_0 c^2} \cdot \frac{R^2}{(\sqrt{R^2 + x^2})^3} \cdot$$

Der Graph dieser Funktion sieht glockenförmig aus und kann gut ausgemessen werden.

Für die Entfernungsmessung kann man einen einfachen Maßstab oder optional den Ultraschallsensord verwenden. Der Drahring lässt sich z. B. aus stabilem Kupferdraht selbst herstellen. Man erhält einen besonders guten Kreis, wenn man den Draht um eine Scheibe mit einem zentralen Loch biegt (z. B. 2 alte CDs nehmen, die man zusammenklebt, wodurch sich gleich eine kleine Führungsnut für den Draht ergibt (Bild rechts)). Der Draht wird mit Klebeband an der Scheibe und mit Kabelbindern am Stiel befestigt. Der Magnetfeldsensor passt gut durch das zentrale Loch, und die Scheibe selbst kann man als Reflektor für den Ultraschallsensord nutzen, denn bei der Messung untersucht man ja die Flussdichte in Richtung der Achse des Drahringes (Bild unten). Der übrige Aufbau ist wie beim Versuch Magnetfeld des geraden Leiters (s. Kapitel 2). Auch hier gilt, dass ferromagnetische Materialien nur in einer größeren Entfernung vom Sensor verwendet werden sollten. **Der Magnetfeldsensor bleibt wieder ortsfest, nur der Drahring wird verschoben.**



Aufbau:



Stromquelle 10 A geglätteter Gleichstrom (ideal: Konstantstromquelle)

Amperemeter (zur Kontrolle)

Magnetfeldsensor Bereich 0,3 mT (Eingang 1), ortsfest an Stativmaterial

Maßstab

Aufbau des Drahringes auf optischer Bank, verschiebbar

optional:

Ultraschallentfernungssensor (digitaler Eingang 1) (befestigt an der Halterung des Magnetfeldsensors)

Reflektorfläche (z. B. CD) (befestigt am Leiteraufbau)

Durchführung:

Einstellungen:

Messmodus „Ereignisse mit Eingabe“, wenn die Entfernung von Hand eingegeben wird.

Messmodus „Ausgewählte Ereignisse“, wenn der Ultraschall-Bewegungssensor verwendet wird.

Wegen der deutlichen Streuung der Messwerte bei einer Einzelmessung sollte in jedem Fall über einen längeren Zeitraum mit Mittelwertbildung gemessen werden (Bilder und weitere Hinweise s. Kapitel 2).

Durchführung:

Strom einschalten ($I = 10\text{ A}$).

Stromrichtung so einstellen, dass positive Flussdichten angezeigt werden.

Drahtring so lange verschieben, bis die maximale Flussdichte angezeigt wird.

Jetzt die Stromquelle ausschalten und alle Sensoren auf Null setzen.

Magnetfeldsensor möglichst weit durch das Loch schieben.

Strom ($I = 10\text{ A}$) wieder einschalten und erste Messung durchführen.

Magnetfeldsensor nun zurückziehen und im Abstand von ca. 1 cm weitere Messungen vornehmen.

Stromstärke immer wieder kontrollieren.

Bei Verwendung des Ultraschallsensors ergibt sich eine grafische Darstellung wie in Bild 3.1.

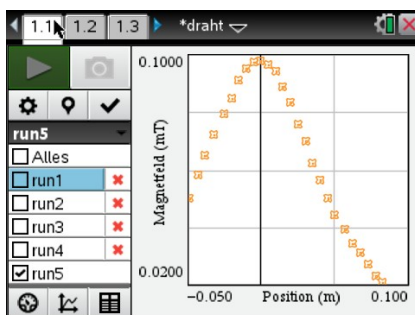


Bild 3.1

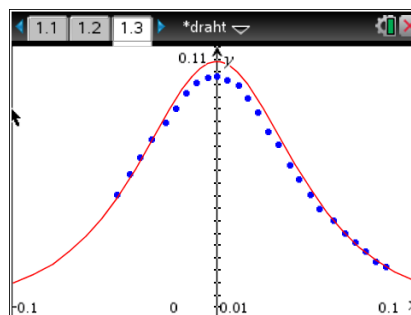


Bild 3.2

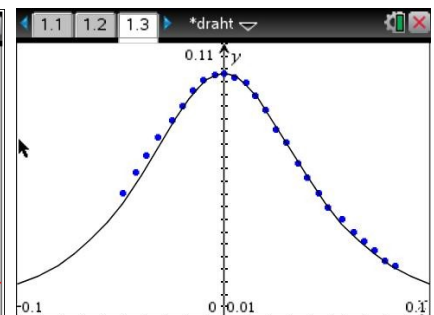


Bild 3.3

Auswertung:

1. Daten an die Tabellenkalkulation übergeben und darstellen lassen. Für eine weitere Auswertung sollte man die Messwerte gleich von mT in T umrechnen.
2. Beim Drahring aus dem Messbeispiel ist $R = 0,061$ m.
Damit ist $B = 2\pi \cdot 10^{-6} \cdot 0,061^2 \cdot (0,061^2 + x^2)^{-3/2}$ T und man erhält die Darstellung in Bild 3.2 mit einer deutlichen Abweichung der gemessenen von der berechneten Darstellung, obwohl die grundsätzliche Übereinstimmung gut zu erkennen ist.
3. Eine mögliche Erklärung könnte darin bestehen, dass der Kreisring nicht vollständig ist. Wegen der Befestigung am Haltestab und der Zu- und Ableitung fehlen ca. 2 cm des Kreisumfanges von rund 38 cm; das sind etwa 5 %. Diese 5 % fehlen der gemessenen Flussdichte. Reduziert man den Graphen der berechneten Flussdichte auf 95 %, so ergibt sich eine sehr gute Übereinstimmung (Bild 3.3).